

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертацию Сатторзода Субхонали Абдугафор на тему «Физико-химические и технологические аспекты переработки побочного продукта производства плавиковой кислоты с использованием глинозёмсодержащих руд Таджикистана», представленную на соискание учёной степени доктора философии (PhD) доктора по специальности 6D072000 – Химическая технология (6D072001) – Технология неорганических веществ**

### **Структура, содержание и объем диссертационного исследования**

Диссертация, подготовленная Сатторзода Субхонали Абдугафором, на тему «Физико-химические и технологические аспекты переработки побочного продукта производства плавиковой кислоты с использованием глинозёмсодержащих руд Таджикистана» состоит из нескольких ключевых разделов: введения, четырёх основных глав, раздела с обсуждением полученных результатов, выводов и библиографического списка, включающего 149 литературных источников. Общий объем работы составляет 147 страницу машинописного текста, дополненного 32 иллюстрациями в виде рисунков, 31 таблицами и приложением, содержащим дополнительные материалы.

В разделе введения раскрыта актуальность проблемы, связанной с особенностями отрасли, и подчеркнута практическая важность выбранного направления. Сформулированы цели и задачи исследования, обоснована его значимость с научной и практической точки зрения, что подтверждает вклад работы в развитие технологий и знаний.

Первая глава посвящена литературным сведениям об образовании кремнефтористоводородной кислоты различными методами и её переработке для получения фторсодержащих продуктов, с особым вниманием к переработке высококремнистых руд с использованием фтористых технологий.



Во второй главе рассматриваются физико-химические характеристики смеси кислот, каолиновых глин и сланцев, добываемых в Таджикистане. Также описана методика химического анализа этих материалов, позволившая определить их свойства и потенциальное применение в промышленности.

Третья глава сосредоточена на технологии переработки смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот для получения ценных продуктов, таких как фторид натрия, кремнегель, жидкое стекло, фторид алюминия и криолит, с акцентом на их практическое значение.

Четвертая глава описывает методику переработки этих кислот с использованием каолиновых глин из месторождения «Чашма-Санг», с технологическими подходами, адаптированными к местным условиям, а также результатами их применения и оценки эффективности.

**Диссертационное исследование** соответствует требованиям паспорта научной специальности 6D072000 – Химическая технология (6D072001) – Технология неорганических веществ и представляет собой глубокое и всестороннее изучение ключевых направлений данной области. Работа охватывает широкий спектр аспектов, связанных с разработкой, оптимизацией и экологической адаптацией технологических процессов производства неорганических материалов. Ниже представлено информация соответствия диссертации указанной специальности, с акцентом на каждом из ключевых направлений, дополненное расширенными пояснениями:

– *Технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты* – диссертация посвящена созданию методов синтеза широкого спектра неорганических веществ, включая соли, кислоты, щелочи, минеральные удобрения, катализаторы и специализированные препараты. В работе рассматриваются как фундаментальные, так и прикладные аспекты, включая новые подходы и совершенствование существующих методов. В главах 3.2, 3.3, 3.6, 3.8, 4.2 и 4.4 описаны технологии получения фторида



натрия, жидкого стекла, фторида алюминия и криолита с использованием смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот, что представляет собой инновационный подход. Описаны химические реакции, технологические параметры и последовательности стадий процессов.

– *Явления переноса тепла в веществах в связи с химическими превращениями в технологических процессах. Кинетика и термодинамика химических и межфазных превращений* – работа включает анализ кинетики и термодинамики химических реакций, а также межфазных взаимодействий, влияющих на эффективность синтеза неорганических веществ. В подразделах 3.1, 3.7, 4.1 и 4.5 представлены расчёты термодинамических и кинетических характеристик реакций, включая энтальпии, энтропии, константы равновесия и скорости реакций. Эти данные способствует понять механизмы взаимодействий и прогнозировать поведение системы при изменении условий.

– *Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты* – исследуются методы переработки различных материалов и отходов, включая побочные вещества и вторичные ресурсы. В главах 3.2, 3.3, 3.6, 3.8, 4.2 и 4.4 описаны технологические схемы, обеспечивающие эффективное использование сырья и минимизацию отходов. Особое внимание уделено переработке смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот для получения фторида натрия, жидкого стекла и других продуктов.

– *Экологические проблемы создания неорганических материалов и изделий на их основе. Способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ* – акцент на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, включая переработку смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот, которая представляет



собой экологическую проблему. В главах 3.2, 3.3, 3.6, 3.8, 4.2 и 4.4 предложены решения для переработки отходов с использованием замкнутых технологических циклов и систем очистки, что обеспечит безопасность и экологическую устойчивость производства.

– *Разработка оптимальных структур и конструкций, а также инновационных технологий изготовления материалов с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями для обеспечения снижения затрат на организацию их производства и повышение качества продукции* – предложены решения для улучшения технологий производства неорганических материалов. В главах 3.3 и 3.4 описана схема переработки смеси кислот с гидроксидом натрия, демонстрирующая снижение затрат за счет оптимизации расхода реагентов и энергоресурсов. В разделе 4.6 представлена схема переработки смеси кислот с глиноземсодержащими рудами, что улучшает технико-экономические показатели производства и конкурентоспособность на рынке.

**Актуальность исследования.** В современных условиях, предприятия специализирующиеся на производстве сложных минеральных удобрений и переработке природного минерального сырья, являются одними из наиболее значимых источников негативного воздействия на окружающую среду. Основными факторами экологического риска выступают масштабные земляные работы, интенсивное загрязнение водных ресурсов и атмосферы, а также накопление техногенных отходов. Эти процессы создают угрозу для экосистем и здоровья человека, что подчеркивает важность поиска решений для минимизации экологического ущерба.

Особое значение в данном контексте приобретают фтористые соединения неорганического происхождения, которые широко востребованы в различных отраслях промышленности. Ключевыми потребителями таких соединений являются:

– *Алюминиевая промышленность* - фтористые соединения, такие как криолит ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) и фторид алюминия ( $\text{AlF}_3$ ), играют ключевую роль в



процессе электролиза при производстве алюминия. Они используются в качестве электролитов, снижая температуру плавления глинозема (оксида алюминия) и обеспечивая эффективное проведение электрического тока в электролизных ваннах

– *Металлургическая отрасль* - в черной и цветной металлургии фтористые соединения применяются как флюсы для очистки металлов от примесей и извлечения редкоземельных элементов, улучшая качество сплавов и свойства шлаков.

– *Стекольная промышленность* - фтористые соединения используются для производства оптического стекла и линз с заданными свойствами, а также для создания устойчивых фторсодержащих покрытий.

– *Химическая, фармацевтическая промышленность и сельское хозяйство* - фтористые соединения служат основой для синтеза фторорганики, включая фторполимеры, лекарства (антибиотики, антидепрессанты) и пестициды, требующие строгого контроля из-за токсичности.

Учитывая широкое использование фтористых соединений и их потенциальную опасность для окружающей среды, разработка экологически безопасных технологий их производства, переработки и утилизации становится приоритетной задачей. Настоящее исследование направлено на решение этих вопросов, что делает его актуальным для обеспечения устойчивого развития и снижения техногенной нагрузки на природу.

**Научная новизна работы** заключается в детальном исследовании механизма переработки кислотных смесей, что позволяет получать широкий спектр ценных продуктов с использованием различных технологических подходов. Особое внимание уделено переработке смесей с гидроксидом натрия, отечественными глинозёмсодержащими рудами и гидроксидом алюминия, что открывает перспективы для оптимизации процессов. Эксперименты показали, что при оптимальных условиях выход фторида натрия достигает более 93%, что подтверждает эффективность методов.



Также исследовался процесс получения фторида алюминия, выход которого на второй стадии достигает более 81%, а для каолиновых глин – 86%. При производстве криолита с использованием гидрохимического метода выход составил более 92%, что подтверждает его промышленную перспективность.

Процесс получения жидкого стекла из аморфного кремнезёма показал, что продукт соответствует стандартам по физико-химическим свойствам. Химическая чистота всех синтезированных продуктов, включая фториды, криолит и аморфный кремнезём, соответствует ГОСТ, что подтверждает их пригодность для промышленности. Результаты исследования свидетельствуют, что разработанная технология обладает практической значимостью и экономической эффективностью, снижая себестоимость продукции и повышая рыночную стоимость материалов. Работа соответствует установленным требованиям и может быть рекомендована к защите.

**Практическая ценность исследования** состоит в разработке инновационных и экономически обоснованных способов утилизации смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот с применением доступных отечественных ресурсов – алюминийсодержащего сырья и гидроксида натрия. Разработанные технологии обеспечивают производство ценных фторсодержащих соединений, таких как фторид натрия, фторид алюминия и криолит, которые играют ключевую роль в металлургии алюминия. Кроме того, в процессе утилизации получают аморфный диоксид кремния и силикат натрия (жидкое стекло), которые находят широкое применение в строительной, химической и других отраслях промышленности. Предложенные решения способствуют не только рациональному использованию отходов, но и снижению экологической нагрузки, а также повышению эффективности использования местных природных ресурсов.

**Для обеспечения обоснованности и достоверности поставленной цели соискателем были выполнены следующие задачи:**



1. Проведен анализ существующих исследований и выполненных работ по переработке смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот с использованием гидроксида натрия, местного алюминийсодержащего сырья и гидроксида алюминия для получения фторида натрия, фторида алюминия, криолита, а также аморфного диоксида кремния и жидкого стекла.

2. Изучены физико-химические свойства и особенности процессов переработки смеси кислот с применением гидроксида натрия, местного алюминийсодержащего сырья и гидроксида алюминия. Определены оптимальные технологические параметры для получения фторида натрия, фторида алюминия, криолита, аморфного диоксида кремния и жидкого стекла.

3. Разработана аппаратурно-технологическая схема переработки смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот, а также определены технико-экономические показатели технологии производства фторида натрия и аморфного диоксида кремния.

4. Создана технологическая схема утилизации смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот с использованием алюминийсодержащих руд месторождений «Курговад» и «Чашма-Санг» и гидроксида алюминия, обеспечивающая эффективное получение целевых продуктов.

#### **Экономическая и социальная значимость результатов диссертации и рекомендации по их применению**

Результаты диссертационной работы имеют экономическую и социальную значимость. Разработка технологии переработки побочного продукта – смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот с применением гидроксида натрия и местных глинозёмсодержащих материалов позволяет решить сразу несколько важных задач:

**Экономическая значимость** заключается в:



- организации безотходной технологии переработки отходов химической промышленности с получением востребованных на внутреннем и внешнем рынках продуктов: фторида натрия, аморфного кремнезёма, а также потенциально фторида алюминия, криолита и жидкого стекла;
- себестоимости фторида натрия, полученного по разработанной технологии, в два раза ниже стоимости импортируемого аналога, что снижает валютные расходы и укрепляет экономическую независимость предприятия и отрасли в целом;
- реализация аморфного кремнезёма по рыночной цене обеспечивает дополнительный источник дохода для предприятия, повышая его рентабельность и инвестиционную привлекательность;
- использование местных сырьевых ресурсов (мусковит-ставролитовые сланцы «Курговад», каолиновые глины «Чашма-санг», гидроксид алюминия) способствует развитию добывающей и перерабатывающей промышленности региона.

**Социальная значимость** заключается в следующем:

- повышение экологической безопасности за счёт утилизации отходов химического производства и снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.
- создание дополнительных рабочих мест в сфере добычи, переработки сырья и производства новых химических продуктов.
- развитие научно-технического потенциала республики за счёт внедрения современных технологий и подготовки квалифицированных кадров.

**Рекомендации по практическому использованию результатов:**

- внедрить разработанную технологию на производственных мощностях ОАО «ТАЛКО Кемикал» для переработки побочных кислотных смесей и выпуска фторида натрия и аморфного кремнезёма;
- провести дальнейшую опытно-промышленную апробацию технологии для получения фторида алюминия, криолита и жидкого стекла.



– расширить использование местных глинозёмсодержащих материалов в технологических процессах с целью диверсификации сырьевой базы и снижения зависимости от импортного сырья.

– использовать полученные данные для разработки учебных и методических материалов по направлению переработки отходов и получения ценных химических продуктов.

**Публикация и апробация результатов диссертационного исследования** нашли отражение в ряде научных публикаций и практических разработок. Всего опубликовано 14 научных работ, из которых 6 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан. Результаты также были представлены в виде 8 тезисов докладов на международных и республиканских конференциях, что способствовало обсуждению и апробации данных в научном сообществе.

В рамках диссертации получены 2 малых патента Республики Таджикистан, подтверждающих новизну и практическую значимость разработок. Практическое внедрение результатов зафиксировано в акте о выпуске и испытании опытной партии жидкого стекла, что демонстрирует возможность применения технологии в производственных условиях. Также подготовлена справка с технико-экономической оценкой технологии, подтверждающая её эффективность и целесообразность для масштабирования.

Следует отметить, что проведённая исследовательская работа не лишена некоторых недостатков, которые были замечены в процессе изучения автореферата и диссертации:

1. В литературном обзоре диссертации представлено недостаточно сведений о процессе получения фторида алюминия с использованием глинозёмсодержащих руд и кремнефтористоводородной кислоты.

2. В работе не приведены результаты дифференциально-термического анализа кристаллического фторида алюминия, что могло бы



дополнить исследование характеристик материала и повысить его научную обоснованность.

3. Автор подробно изучил термодинамику разложения каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг», однако было бы полезно и целесообразно расширить исследование, включив анализ термодинамики разложения мусковит-ставролитовых сланцев Курговадского месторождения, что позволило бы обогатить сравнительные данные.

4. В подразделах 3.1 и 3.5 диссертации наблюдается повторение одних и тех же химических реакций. Рекомендуются либо убрать дублирующиеся уравнения, либо обосновать необходимость их повторного приведения.

5. В работе нет оценки снижения нагрузки на окружающую среду при внедрении предлагаемой технологии переработки с расчётами выбросов и сравнением до и после внедрения.

Отмеченные замечания не снижают важности ключевых результатов диссертационного исследования Сатторзода С.А., выполненного на высоком научно-практическом уровне и вносящего существенный вклад в развитие химической технологии неорганических веществ.

### **Заключение**

Объём экспериментальных данных, представленных в диссертационной работе Сатторзода С.А., а также анализы и теоретические обобщения, выполненные в рамках исследования, свидетельствуют о высоком научном уровне работы на тему «Физико-химические и технологические аспекты переработки побочного продукта производства плавиковой кислоты с использованием глинозёмсодержащих руд Таджикистана». Диссертация демонстрирует всесторонний подход к изучению предмета, включая тщательное исследование физико-химических свойств материалов, технологических процессов и их оптимизации, что подчёркивает её актуальность и практическую значимость для развития технологий переработки в Республике Таджикистан.



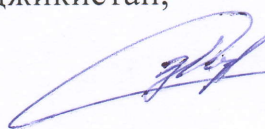
Работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан 30 июня 2021 года №267, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора философии (PhD). Соискатель продемонстрировал высокий уровень профессиональной подготовки и способность к самостоятельному научному поиску. Полученные результаты, включая их новизну и практическую ценность, подтверждают, что Сатторзода С.А. заслуживает присуждения учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072000 – Химическая технология (6D072001) – Технология неорганических веществ.

**Официальный оппонент,**

Профессор кафедры экологии

Горно-металлургического института Таджикистан,

доктор технических наук



Разыков З.А.

Разыков Зафар Абдукахорович

Адрес: 735730. Республика Таджикистан,

Согдийская область, г. Бустон, ул. А. Баротова, 6

Тел.: +992 92 777 44 33

Электронная почта: [zafarrazykov@mail.ru](mailto:zafarrazykov@mail.ru).

Подпись д.т.н., профессора Разыкова З.А. заверяю:

Начальник управления кадров и специальных работ

Горно-металлургического

институт Таджикистана



Муминова Д.М

«12» мая 2025 г.